

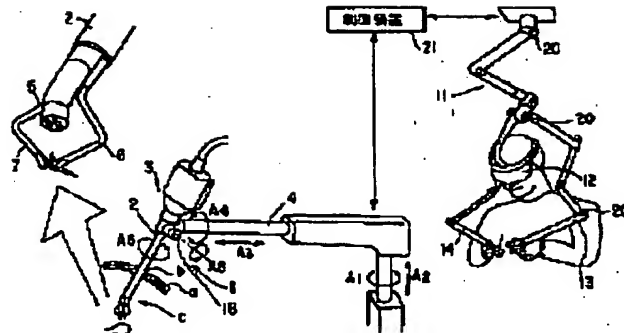
**SURGICAL MANIPULATOR**

**Patent number:** JP8117238  
**Publication date:** 1996-05-14  
**Inventor:** MIZUNO HITOSHI; KAWAI TOSHIMASA; MICHIGUCHI NOBUYUKI  
**Applicant:** OLYMPUS OPTICAL CO  
**Classification:**  
- **international:** A61B17/00; A61B19/00  
- **europaen:**  
**Application number:** JP19940260285 19941025  
**Priority number(s):** JP19940260285 19941025

Report a data error here

**Abstract of JP8117238**

**PURPOSE:** To provide a surgical manipulator by which an inserting part of a surgery instrument can be inserted without giving the inserting hole excessive force when observation and treatment are performed in a body cavity. **CONSTITUTION:** This surgical manipulator is composed of a master manipulator 11 which is installed on a area capable of operation for an operator and a slave manipulator 1 which is installed so as to get access to a surgical area and moves following the operation of the master manipulator 11, and a surgical instrument 3 is held by this slave manipulator 1, and this surgical manipulator is provided with a control means which makes the slave manipulator 11 (1?) operated so that the position or the posture of this surgical instrument 3 is restricted to the operational area.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11) 特許出願公開番号  
特開平8-117238

(43) 公開日 平成 8 年 ( 1996 ) 5 月 14 日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
A 6 1 B 17/00  
19/00

識別記号  
5 1 0

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L ( 全 14 頁 )

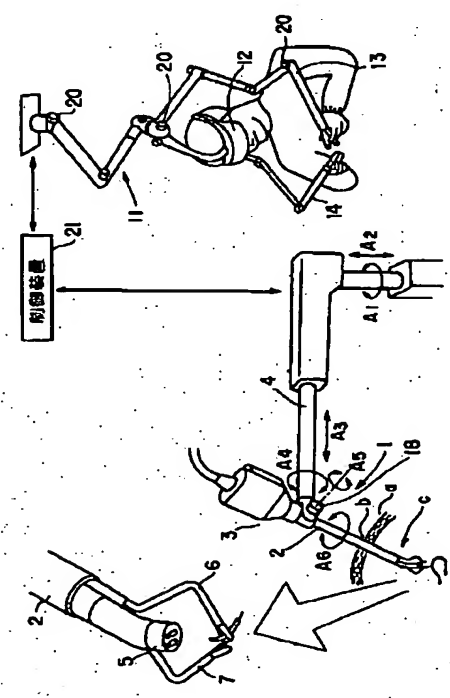
(21) 出願番号	特願平6-260285	(71) 出願人	000000376 オリンパス光学工業株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号
(22) 出願日	平成 6 年 ( 1994 ) 10 月 25 日	(72) 発明者	水野 均 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ ンパス光学工業株式会社内
		(72) 発明者	河合 利昌 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ ンパス光学工業株式会社内
		(72) 発明者	道口 信行 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ ンパス光学工業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 手術用マニピュレータ

(57) 【要約】

【目的】 体腔内で観察および処置を行う際に、手術器械の挿入部が挿入孔に対して無理な力を与えることなく挿入できる手術用マニピュレータを提供することにある。

【構成】 術者が操作できる領域内に設置されたマスターマニピュレータ 1 1 と、術野にアクセスするように設置され前記マスターマニピュレータ 1 1 の操作に追従した動きを行うスレーブマニピュレータ 1 とからなり、このスレーブマニピュレータ 1 に手術器械 3 を保持し、この手術器械 3 の位置または姿勢が、術野に対し拘束されるよう前記スレーブマニピュレータ 1 1 を動かす制御手段とを具備したことを特徴とする。



(2)

特開平8-117238

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 術者が操作できる領域内に設置された操作手段と、術野にアクセスするように設置され前記操作手段の操作に追従した動きを行うマニピュレータと、このマニピュレータにより保持された手術器械と、この手術器械の位置または姿勢が術野に対して拘束されるよう前記マニピュレータを動かす制御手段とを具備したことを特徴とする手術用マニピュレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、体腔内の観察、処置のために内視鏡等の手術器械を体腔内に挿入する手術用マニピュレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】腹壁等の体壁に挿入孔を開け、この挿入孔を通じて内視鏡や処置具を経皮的に体腔内に挿入することにより体腔内で様々な処置を行なう内視鏡下手術が従来から行なわれており、こうした術式は大きな切開を要しない低侵襲なものとして胆のう摘出手術や肺の一部を摘出除去する手術等で広く行なわれている。

【0003】例えば、特願平4-221571号は、腹腔内の処置・観察を行う手術器械を取り付けるスコープホルダーを備えたものである。これは、スコープホルダーによって観察あるいは手術器械を患者の挿入孔に入れる時に、機構的に拘束によって位置決めを行わせている。

【0004】また、特願昭62-134503号は、定位脳手術時の手術用顕微鏡の焦点を患者頭部の特定の位置に固定するようにスタンド装置の動作を機構的に規制する手段を有しているものがある。さらに、特願平1-257907号においては、X線CT画像を得ながら定位脳手術を行うために、手術部位の中心を囲む仮想球面の任意の位置から中心に向けて手術器械を位置決めすることができる装置を提供している。

【0005】また、特願平4-51778号においては、定位脳手術を行う際に利用される実体顕微鏡で観察する任意位置の中心を囲む仮想球面上を実体顕微鏡の任意位置での焦点が一致するように動作させる技術が開示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特願平4-221571号は、体壁の挿入孔に対して手術器械の挿入部が通るように機構的な調整作業が必要となり不便である。また、挿入孔に対して挿入部が通るようにリンク機構を用いているが、このリンク機構の構造が複雑であり、また大きなスペースを要する。

【0007】特願昭62-134503号は、観察対象の特定の位置に対して、焦点が一致するように機構的な調整作業が必要となり操作が煩雑であり、観察対象の特定の位置に対して、焦点が一致するようにリンク機構を

2

用いているが、このリンク機構の構造が複雑であり、また大きなスペースを要する。

【0008】特願平1-257907号は、手術器械が手術部位の中心に向うよう機構的な調整作業が必要となり操作が煩雑であり、手術器械が手術部位の中心に向うようリンク機構を用いているが、このリンク機構の構造が複雑であり、また大きなスペースを要する。

【0009】特願平4-51778号は、観察対象の特定の位置に対して、焦点が一致するようにモータを制御する技術が開示されているが、その操作手段であるジョイスティックによる動作指令情報をどのように変換するかについては開示されていなかった。

【0010】この発明は、前記事情に着目してなされたもので、その目的とするところは、マニピュレータにより保持された手術器械の挿入部を体腔内に挿入し、体腔内で観察および処置を行う際に、手術器械の挿入部が体壁の挿入孔に対して無理な力を与えることなく挿入し、さらに観察および処置を行うことができ、作業の容易化を図ることができ、さらに処置を行う際に、手術器械の挿入部が観察および処置を行う部位に対して拘束できる手術用マニピュレータを提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段および作用】この発明は、前記目的を達成するために、術者が操作できる領域内に設置された操作手段と、術野にアクセスするように設置され前記操作手段の操作に追従した動きを行うマニピュレータと、このマニピュレータにより保持された手術器械と、この手術器械の位置または姿勢が術野に対して拘束されるよう前記マニピュレータを動かす制御手段とを具備したことを特徴とする。

【0012】操作者が操作手段を操作すると、その動きに追従してマニピュレータが動作してしまうため、例えば、術者が誤って操作手段を操作した場合、患者の体腔内に挿入されている手術器械が体壁の挿入孔によって動きを拘束されているにもかかわらず動作を行なって挿入孔への無理な力をかけるとということが生じるが、手術器械が挿入孔を支点として動作するような制御を行わせるように、マニピュレータの動作を制限（ポイントロック）する。

## 【0013】

【実施例】以下、この発明の各実施例を図面に基づいて説明する。図1～図6は第1の実施例を示し、手術器械を体腔内に挿入し、体内の観察およびまたは処置を行う手術用マニピュレータにおいて、マスターマニピュレータを操作することにより、スレーブマニピュレータを動作させる場合に、スレーブマニピュレータの手術器械の挿入部が、体壁の挿入孔に対し無理な力が働かないように、マスターマニピュレータの位置および姿勢とスレーブマニピュレータの位置および姿勢を対応させるように構成したものである。

(3)

特開平8-117238

3

4

【0014】すなわち、図1に示すように、手術用マニピュレータにおいて、マニピュレータとしてのスレーブマニピュレータ1は、その先端部を患者の体壁aの挿入孔bを介して体腔c内に挿入する挿入部2を有した手術器械3と、この手術器械3を支持するための直動および回転の自由度を有する複数の軸を有するロボット4から構成されている。挿入部2の先端部には3次元（立体）スコープ5と、一对の処置具6、7とを備えている。3次元（立体）スコープ5の先端部および一对の処置具6、7は、それぞれ多自由度にて湾曲可能となっている。

【0015】一方、操作手段としては、多関節構造を有する操作手段としてのマスターマニピュレータ11があり、そのマスターマニピュレータ11の先端部には、HMD（ヘッドマウンティッドディスプレイ）12と、一对の処置具操作用操作アーム13、14が設けられている。

【0016】スレーブマニピュレータ1およびマスターマニピュレータ11は、制御装置21に接続されており、マスターマニピュレータ11の先端部の位置がスレーブマニピュレータ1の位置に対応し、また、HMD12の回転部の位置が3次元（立体）スコープ5の湾曲角に対応し、さらに、処置操作用操作アーム13、14が、処置具6、7の位置に対応して動作するように制御される。

【0017】なお、スレーブマニピュレータ1の軸には、アクチュエータ（図示しない）とその回転位置を検出するエンコーダ18および減速機（図示しない）が設けられている。また、マスターマニピュレータ11の関節部、HMD12の回転部および処置操作用アームの関節部には、エンコーダ20が設けられている。

【0018】なお、図1においては、内視鏡としての3次元（立体）スコープ5と処置具6、7を一体とする挿入部を示しているが、内視鏡だけ、あるいは、処置具だけの構成でも構わない。また、内視鏡としては、先端部に湾曲機構を有する実施例を示しているが、硬性鏡でも構わない。以上の構成について、リンク機構をわかりやすく示した図を図3に示す。

【0019】図2は、手術用マニピュレータの動作を制御するシステムの構造を示す。すなわち、スレーブマニピュレータ1と、スレーブマニピュレータ1を制御する制御装置21と、操作手段22および操作スイッチ24が設けられている。制御装置21には、MPU25と、アクチュエータ駆動回路20および入出力インターフェース（I/F）27を備えており、それぞれ操作手段22と、スレーブマニピュレータ1および操作スイッチ24が接続されている。

【0020】次に、前述のように構成された手術用マニピュレータの作用について説明する。前記構成において、体壁aの挿入孔bに無理な力が作用しないように、

ポイントロックという動作を行わせる。本手術用マニピュレータにおいては、マスターマニピュレータ11を操作者が操作して、スレーブマニピュレータ1を動作させるが、この時、マスターマニピュレータ11の動きに従ってスレーブマニピュレータ1が動作してしまうため、例えば、術者が誤ってマスターマニピュレータ11を操作した場合、患者の体腔c内に挿入されている手術器械3が挿入孔bによって動きを拘束されているにもかかわらず、スレーブ動作を行なうことによる挿入孔bへの無理な力をかけるということが生じる。

【0021】そこで、手術器械3が挿入孔bを支点として動作するような制御を行わせるように、スレーブマニピュレータ1の動作を制限することによって前述した問題点を解決することができる。ここでは、この前記動作制限のことを、ポイントロックということにする。

【0022】ポイントロックによる動作制限方法を説明すると、図4（a）は、スレーブマニピュレータ1の挿入部2の先端部28を示し、同図（b）は、マスターマニピュレータ11の先端部29を示す。

【0023】マスターモードのマスターマニピュレータ11とスレーブマニピュレータ1との動作関係は、マスターマニピュレータ11の先端部29の座標系の相対移動量をスレーブマニピュレータ1の先端部28の座標系に反映させて動作を行わせている。

【0024】初めに、図4（b）に示すように、マスターマニピュレータ11の先端部29のTCP（ツール先端点）の状態をTCPm30とし、図4（a）に示したスレーブマニピュレータ1の先端部28のTCPの状態をTCPs31とする。

【0025】前記マスターマニピュレータ11のTCPを求め、スレーブマニピュレータ1のTCPを求めてスレーブを動作させる処理は、マスターマニピュレータ11の各軸に配置されたエンコーダからの移動量から関節変数を求め、TCPの位置・姿勢を求める順座標変換処理を行う。これによって、マスターマニピュレータ11のTCPが求められた後、その求めたTCPの値からスレーブマニピュレータ1の各軸の制御量を求めるための逆座標変換を行わせる処理からなっている。

【0026】前記状態から、図4（b）に示すように、術者がマスターマニピュレータ11の先端部29のTCPm30の位置・姿勢をTCPm32の状態に移動させたとする。この時、TCPm30からTCPm32へ移動した位置・姿勢を示すベクトルをAとする。また、同時に、マスターマニピュレータ11の先端部29を図の様にθ回転させたとする。

【0027】制御装置21は、マスターマニピュレータ11の位置相対関係（同次座標変換行列A）と同一になるように、図4（a）に示した同次座標変換行列A'（図4（a）中のTCPs31からTCPs33を結んだベクトル）の算出を行う。同時に、TCPs31とポ

(4)

特開平8-117238

5

6

イントロック位置34とを結んだ線分をO軸と定義し、ポイントロック位置34とTCPs33との結んだ線分をP軸と定義する。また、O軸とP軸とをなす角 $\alpha$ 、前記O軸とP軸の2直線が作る平面に垂直なベクトルQの算出を行う。

【0028】スレーブマニピュレータ1の先端部28をマスターマニピュレータ11の先端部29に追従させるため、スレーブマニピュレータ1の先端部28のTCPs31からTCPs33に移動させるが、この時、スレーブマニピュレータ1の先端部28の軸がポイントロック位置34を通るという条件にしなければならないので、スレーブマニピュレータ1の先端部28をTCPs33へ移動させると同時に、前記求めたO軸とP軸のなす角 $\alpha$ 分だけQベクトル回りに回転させながら移動させる。また、マスターマニピュレータ11の先端部29を図4(b)中 $\theta$ 回転させているので、スレーブマニピュレータ1の先端部28の軸(P軸)に対して $\theta$ 回転させるようにする。

【0029】以上の動作を制御装置21内において、一定時間毎に計算を行っている。この計算の繰り返しによって、実時間でのポイントロック動作付きマスタースレーブモードが実現される。

【0030】さて、以上は、スレーブマニピュレータ1を患者体腔内に挿入した後の場合の説明であるが、スレーブマニピュレータ1を挿入孔bに挿入する際、あるいは、抜去する際に、生じる特異点の対策について示す。

【0031】スレーブマニピュレータ1の先端部28を挿入する際に生じる特異点とは、挿入孔bの位置とスレーブマニピュレータ1のTCPとが一致した場合に、位置は求まっているが、挿入する姿勢が無数に存在するため、ロボット4の姿勢を決定することができなくなることである。また、挿入孔bの位置とスレーブマニピュレータ1のTCPが一致しない場合でも、近傍においては演算精度の問題を生じるため、姿勢決定ができないこともある。

【0032】そこで、スレーブマニピュレータ1の先端部28のTCPと挿入孔bが一致する部分において、姿勢に関しては、挿入してきた姿勢を決定することで、この問題を解決している。

【0033】ただし、どの部分から前記示した以前の姿勢を採用するかを予め決めておく必要があるため、挿入孔bの近傍にある一定範囲の不感帯を設けることによって、ロボット4の特異点が生じてもスムーズな動きができるようにしてある。

【0034】さて、前述した本実施例の動作方法の一連の流れを示す。まず、ベッド上の患者の挿入孔bの位置を求めるために、例えば、スレーブマニピュレータ1を図5に示すような形状にし、かつ、挿入孔bの位置と、スレーブマニピュレータ1のTCPの位置とを合わせる(姿勢はどのような状態でも構わない)。前記位置合わせ

seを行う際には、マスタースレーブモードによる位置決めを行っても構わないし、図2に示した操作スイッチ24に割り振られたスイッチを押すことによって、スレーブマニピュレータ1の各軸を独立させて動作させ、挿入孔bへの位置決めを行っても構わない。このことによって、挿入孔bとスレーブマニピュレータ1との相対的な位置が求まり、スレーブマニピュレータ1の位置は固定されているため、挿入孔bの位置が求まる。

【0035】次に、術者の操作により、マスターマニピュレータ11を動作させる。図6に示すように、制御装置21側ではマスターマニピュレータ11の先端部における位置および回転を動作指令として読み込む。マスターマニピュレータ11より求めた位置・姿勢情報をスレーブマニピュレータ1の位置または姿勢に座標変換する。

【0036】前記座標変換処理を終えたら、手術器械3の操作対象部位(スレーブマニピュレータ1の先端TCP)が挿入孔bの近傍にあるか、ないかを判断する。ここでは、スレーブマニピュレータ1の先端TCPが体腔c内にあるか否かを判断する。もし、体腔c外にあるのであれば、挿入部2の長軸の傾きの値として、手術器械3の操作対象部位(スレーブマニピュレータ1の先端TCP)の位置が、挿入孔bの近傍に入る直前の値を用い、さらに、挿入部2の長軸まわりの回転がスレーブマニピュレータ1の回転の指令に一致するように動作させる。もし、スレーブマニピュレータ1の先端TCPの位置が患者の体腔c内に位置する場合は、挿入部2が挿入孔bの位置を通り、手術器械3の操作対象部位(スレーブマニピュレータ1の先端TCP)の位置が、マスターマニピュレータ11により決定された指令位置に一致するようにし、さらに、挿入部2の長軸まわりの回転がマスターマニピュレータ11の回転の指令に一致するように動作させる。

【0037】したがって、マスターマニピュレータ11の操作により決定される位置および姿勢が、スレーブマニピュレータ1の手術器械3の挿入孔bを通る拘束条件を満たさない場合においても、この拘束条件を満たすよう動作させることができ、ひいては手術器械3の挿入部2が挿入孔bに対し無理な力を作用させることがない。

【0038】また、術者は、マスターマニピュレータ11の操作を行うと、これに追従してスレーブマニピュレータ1が動作し、体腔c内に挿入された手術器械3を操作することができ、また術者の頭部にHMD12およびHMD12の回転軸のエンコーダ20が設けてあるため、術者が頭部を動かすと、エンコーダ20の動きに追従して、スレーブマニピュレータ1に固定された3次元(立体)スコープ5が術野の画像をHMD12に表示し、術者はHMD12に表示された画像を観察しながら手術器械3で処置ができる。したがって、体腔c内に居るような臨場感の中で処置が可能となるため開腹術の感

(5)

特開平8-117238

7 覚で内視鏡下手術が可能となる。——

【0039】図7～図9は第2の実施例を示し、第1の実施例と同一構成部分については同一番号を付して説明を省略する。本実施例は、手術器械を体腔内に挿入し、体腔内の観察およびまたは処置を行う手術用マニピュレータにおいて、マニピュレータに取り付けた力覚センサを操作することにより、マニピュレータを動作させる場合に、スレーブマニピュレータの手術器械の挿入部が、挿入孔に対して無理な力が働かないように、力覚センサにより決定される位置およびスレーブマニピュレータの位置および姿勢を対応させるように構成したものである。

【0040】すなわち、手術用マニピュレータにおいて、スレーブマニピュレータ51は、先端部を体内に挿入する挿入部52aを有する内視鏡52を備えている。一方、操作手段としては、スレーブマニピュレータ51に設けられた把持部54に力覚センサ53a、53bが設けられている。スレーブマニピュレータ51および力覚センサ53a、53bは、制御装置21に接続されており、力覚センサ53a、53bにより決定される位置および姿勢がスレーブマニピュレータ51の位置および姿勢に対応するよう動作させる。

【0041】なお、スレーブマニピュレータ51の軸には、アクチュエータ（図示しない）とその回転位置を検出するエンコーダ18および減速機（図示しない）が設けられている。また、力覚センサ53aは力の3つの方向ベクトル（B1、B2、B3）を、力覚センサ53bは力の2つの方向ベクトル（B4、B5）と1つの回転（B6）を検出できるように、内部に歪みゲージが搭載されている。

【0042】なお、図7においては、手術器械として内視鏡52を示しているが、内視鏡52と処置具を一体とした挿入部52aや、あるいは処置具だけの構成でも構わない。また、内視鏡52としては、先端部に湾曲機構を有するものでも構わない。さらに、本実施例の手術用マニピュレータの動作を制御するシステムの構造は、第1の実施例の図2に示す通りであり、説明を省略する。

【0043】次に、第2の実施例の作用について説明する。力覚センサ53a、53bにより決定される位置および姿勢は、図7における力覚センサ53a、53bの成分B1、B2、B3、B4、B5、B6を意味するが、挿入孔bに対し内視鏡52の長軸が交わるような拘束条件を設定しない場合においては、スレーブマニピュレータ51のA1、A2、A3、A4、A5、A6に各々対応するように制御されているが、ポイントロック時の場合、B1～B5により決定される挿入部52aの注目点の位置により、スレーブマニピュレータ51の先端部の位置および挿入部52aの長軸が挿入孔bを通るための挿入部52aの傾きを決定し、B6による挿入部52aの回転角により、挿入部52aの注目点および位置

8 の回転を制御する。

【0044】すなわち、図8（b）に示すように、術者がロボットの把持部54を握り、矢印方向に移動させるようすると、第1の実施例で示した拘束条件を満たすように、内視鏡52の先端部のTCPが第1の実施例と同様にベクトルAのように移動しようとする。力覚センサ53a、53bからは、B1～B6までの独立した位置・姿勢情報が検出されるため、第1の実施例で行ったマスターマニピュレータ11の各関節に配置されたエンコーダ20の情報からマスターマニピュレータ11のTCPの位置・姿勢を求め、マスターマニピュレータ11側の移動するベクトルAの成分を計算する順座標変換は必要なく、そのまま力覚センサ53a、53bの情報を使用し、各関節の制御量によるスレーブ動作を行えば良い。

【0045】制御装置21は、現在のスレーブマニピュレータ51のTCPの位置と術者の操作した力覚センサ53a、53bから得られる位置への移動ベクトルを算出する（図8（a）中A'）。次に、ポイントロック位置34と移動ベクトルの示すTCPs33での位置とを結ぶ線分をP軸とし、現在の内視鏡52の先端部のTCPs31の長軸方向の線分をO軸とする。前記O軸とP軸とのなす角を $\alpha$ とし、前記O軸、P軸の2軸が作る平面に垂直なベクトル（Eベクトル）を算出する。

【0046】現在の内視鏡52のTCPs31の位置からTCPs33を移動する際に、現在のTCPs31をP軸まわりに回転角 $\alpha$ だけ回転させ、ベクトルA'の差す位置へ移動させることにより、ポイントロック位置動作を行うことができる。

【0047】以上の動作を制御装置21内において、一定時間毎に計算を行っている。この計算の繰り返しによって、実時間でポイントロック動作付きマスタースレーブモードが実現される。

【0048】ここで、第1の実施例と同様に、スレーブマニピュレータ51を挿入孔bに挿入あるいは抜去するときには、第1の実施例で示した不感帯を設けてスムーズな動作を行わせるようにしている。

【0049】次に、本実施例の動作方法の一連の流れを図9に示す。術者は、スレーブマニピュレータ51のダイレクトムーブとしての把持部54を持ち、所望の移動方向へスレーブマニピュレータ51を移動させようとする。制御装置21側では、把持部54の先端における位置および回転を動作指令として制御装置21に入力する。

【0050】前記処理を終えたら、内視鏡52の操作対象部位（スレーブマニピュレータTCP）が挿入孔bの近傍にあるか、ないかを判断する。ここでは、スレーブマニピュレータTCPが体腔c内にあるか否かを判断する。もし、体腔c外にあるのであれば、挿入部52aの長軸の傾きの値として、内視鏡52の操作対象部位（ス

(6)

特開平8-1,17238

9

10

スレーブマニピュレータTCP)の位置が、挿入孔bの近傍に入る直前の値を用い、さらに、挿入部52aの長軸まわりの回転がスレーブマニピュレータTCPの回転の指令に一致するように動作させる。もし、スレーブマニピュレータTCPの位置が体腔c内に位置する場合は、挿入部52aが挿入孔bの位置を通り、内視鏡52の操作対象部位(スレーブマニピュレータTCP)の位置が、ダイレクトムーブにより決定された指令位置に一致するようにし、さらに、挿入部52aの長軸まわりの回転がマスターマニピュレータ11の回転の指令に一致するように動作させる。

【0051】したがって、力覚センサ53a, 53bの操作により決定される位置および姿勢が、スレーブマニピュレータ51の内視鏡52の挿入孔bを通る拘束条件を満たさない場合においても、この拘束条件を満たすよう動作させることができ、ひいては内視鏡52の挿入部52aが挿入孔bに対し無理な力を作用させることがない。

【0052】また、術者は、力覚センサ53a, 53bの操作を行うと、これに追従してスレーブマニピュレータ51が動作し、体腔c内に挿入された内視鏡52をスムーズに操作することができる。

【0053】図10および図11は第3の実施例を示し、第1の実施例と同一構成部分については同一番号を付して説明を省略する。本実施例は、手術器械を体腔内に挿入し、体内の観察およびまたは処置を行う手術用マニピュレータにおいて、術者の身体の一部に取り付けた3次元位置センサを操作することにより、マニピュレータを動作させる場合に、マニピュレータの手術器械の挿入部が、挿入孔に対して無理な力が働かないように、3次元位置センサにより決定される位置および姿勢をマニピュレータの位置および姿勢を対応させるように構成したものである。

【0054】すなわち、本手術用マニピュレータは、スレーブマニピュレータ61は、先端部を体腔c内に挿入する挿入部62aを有する3次元(立体)スコープ62を備えている。一方、操作手段としては、術者の頭部に取り付けられたHMD63には3次元位置センサ64の検出部65および発信部66があり、発信部66に対する検出部65の3次元的位置関係が求められる。

【0055】スレーブマニピュレータ61および3次元位置センサ64は、制御装置21に接続されており、3次元位置センサ64により決定される位置および姿勢がスレーブマニピュレータ61の位置および姿勢に対応するよう動作させることができる。

【0056】なお、スレーブマニピュレータ61の軸には、アクチュエータ(図示しない)とその回転位置を検出するエンコーダ18および減速機(図示しない)が設けてある。また、3次元位置センサ64は3つの直交する電磁コイルからなり、双方の相互インダクタンスの変

10

化量より、3つの位置ベクトルと3つのオリエンテーションを検出する方式を実施例で示しているが、術者の身体の一部に取り付けることが可能であり、3次元的位置情報を検出できるものであれば、他の方式、例えば、超音波や光、ジャイロや加速度センサでも構わない。さらに、術者の視線の動きを検出する視線検知センサをHMD63内に搭載することも可能である。

【0057】なお、図10においては、3次元(立体)スコープからなる内視鏡だけの挿入部を示しているが、処置具だけ、あるいは、内視鏡と処置具が一体となった構成でも構わない。また、内視鏡としては、先端部に湾曲機構を有する実施例を示しているが、硬性鏡でも構わない。さらに、本実施例の手術用マニピュレータの動作を制御するシステムの構造は、第1の実施例の図2に示す通りであり、説明を省略する。

【0058】次に、第3の実施例の作用について説明する。図11(b)に示すように、術者の頭を图中矢印のように移動させた時の移動ベクトルを同次座標変換行列Aとする。3次元位置センサ64からは、頭の空間位置X, Y, Zと傾きであるオイラー角(ロール, ピッチ, ヨー角)の情報が制御装置に送られる。このことから、容易に同次座標変換行列Aの位置・姿勢の各成分は容易に求まる。

【0059】制御装置21は、術者の所望位置への移動同次座標変換行列Aと同一になるように、図11(a)に示した同次座標変換行列A'(図11(a)中のTCPs31からTCPs33を結んだベクトル)の算出を行う。同時に、TCPs31とポイントロック位置34とを結んだ線分をO軸と定義し、ポイントロック位置34とTCPs33との結んだ線分をP軸と定義する。また、O軸とP軸とをなす角 $\alpha$ 、前記O軸とP軸の2直線が作る平面に垂直なベクトルQの算出を行う。

【0060】前記ベクトルAの算出が終了したら、3次元スコープ62の先端部をTCPs33へ移動させると同時に、前記求めたO軸とP軸とのなす角 $\alpha$ 分だけQベクトル回りに回転させながら移動させる。

【0061】以上の動作を制御装置21内において、一定時間毎に計算を行っている。この計算の繰り返しによって、実時間でのポイントロック動作付きマスタースレーブモードが実現される。ここで、第1の実施例と同様に、3次元スコープ62を挿入孔bに挿入あるいは抜去するときには、第1の実施例で示した不感帯を設けてスムーズな動作を行わせるようにしている。

【0062】したがって、3次元位置センサ64の操作により決定される位置および姿勢が、スレーブマニピュレータ61の3次元スコープ62の挿入孔bを通る拘束条件を満たさない場合においても、この拘束条件を満たすよう動作させることができ、ひいては3次元スコープ62の挿入部62aが挿入孔bに対し無理な力を作用させることがない。

50



(7)

特開平8-117238

11

【0063】また、術者は、3次元位置センサ64を手で持って操作を行うと、これに追従してスレーブマニピュレータ61が動作し、体腔b内に挿入された3次元スコープ62を操作することができ、また術者の頭部にHMD63および3次元位置センサ64を設けた場合は、術者が頭部を動かすと、3次元位置センサ64の動きに追従して、スレーブマニピュレータ61に固定された3次元スコープ62が術野の画像をHMD63に表示し、術者はHMD63に表示された画像を観察しながら3次元スコープ62で処置ができる。したがって、体腔c内に居るような臨場感の中で処置が可能となるため開腹術の感覚で内視鏡下手術が可能となる。

【0064】図12～図14は第4の実施例を示し、第1の実施例と同一構成部分は同一番号を付して説明を省略する。本実施例は、手術器械を体腔内に挿入し、体内の観察およびまたは処置を行う手術用マニピュレータにおいて、スレーブマニピュレータに取り付けた力覚センサを操作することにより、スレーブマニピュレータを動作させる場合に、スレーブマニピュレータの手術器械の挿入部が、観察および処置を行う対象部位に対し、挿入部を真っ直ぐ挿入するように、力覚センサにより決定される位置および姿勢をスレーブマニピュレータの位置および姿勢を対応させるように構成したものである。

【0065】この手術用マニピュレータにおいて、スレーブマニピュレータ71は、その先端部を患者の頭部d内に挿入する挿入部72aを有した手術器械72と、この手術器械72を支持するための直動および回転の自由度を有する複数の軸を有するロボット73から構成されている。挿入部72aの先端部には、3次元（立体）スコープ74と、一対の処置具75、76とを備えている。3次元（立体）スコープ74の先端部および一対の処置具75、76は、それぞれ多自由度にて湾曲可能となっている。また、術者の頭部には、HMD77と3次元位置センサ78が設けられている。

【0066】一方、操作手順としては、スレーブマニピュレータ71に設けられた力覚センサ79a、79bが設けられている。スレーブマニピュレータ71、3次元位置センサ78および力覚センサ79a、79bは、制御装置21に接続されており、力覚センサ79a、79bにより決定される位置および姿勢がスレーブマニピュレータ71の位置および姿勢に対応するよう動作し、3次元位置センサ78により決定される位置および姿勢が3次元（立体）スコープ74の湾曲角に対応するよう動作させる。

【0067】また、一対の処置具75、76は、操作部80a、80b、80c、80dにより機械的に操作される。また、力覚センサ79aは力の3つの方向ベクトルを、力覚センサ79bは力の2つの方向ベクトルと1つの回転を検出できるように、内部に歪みゲージが搭載されている。

12

【0068】なお、図12においては、3次元（立体）スコープとしての内視鏡と処置具を一体とする挿入部を示しているが、内視鏡だけ、あるいは、処置具だけの構成でも構わない。また、内視鏡としては、先端部に湾曲機構を有する実施例を示しているが、硬性鏡でも構わない。また、本実施例の手術用マニピュレータの動作を制御するシステムの構造は、第1の実施例の図2に示したものと同一であり、説明を省略する。

【0069】次に、本実施例の作用について説明する。脳外分野でのポイントロック位置は、患者頭部d内に位置する部分であるため、例えば、予めCT等の画像観察装置によって、目的部位の位置を認識しておく必要がある。この目的部位の位置を知るためには、例えば、制御装置21の標準入力装置から位置情報を入力したりすることによって、制御装置21側で目的部位（ポイントロック位置）とスレーブスレーブマニピュレータ71との位置関係を認識させることも可能である。

【0070】次に、具体的な動作について説明すると、図13（a）で示したように、手術器械72をS1の状態から水平方向（矢印方向）に移動させるために、スレーブマニピュレータ71のA3軸を伸長するように操作（力覚センサ79aをB3方向に押す）したとする。ポイントロックモードでない時には、図13（a）の点線で示されたように手術器械72の先端が移動するが、ポイントロックモードの時には、ポイントロック位置Aと手術器械72の長軸とが一致するように動作するため、図13（a）に示されているS1の状態からS2の状態に移動する。

【0071】手術器械72を図13（b）に示すようにS3の状態から垂直方向（矢印方向）に移動させるために、図12に示すように、スレーブマニピュレータ71のA2軸を短縮するように操作（力覚センサ79a-B2方向に押す）したとする。ポイントロックモードでない場合には、手術器械72は図13（b）の点線で示す部分に移動するが、ポイントロックモード時には、図13（b）S4の状態に移動する。

【0072】また、水平・垂直についての移動方法を示したが、スレーブマニピュレータ71は、回転を行わせることも可能であり、それについては、図13（c）に示したS3の状態からスレーブマニピュレータ71のA5軸が回転するように力覚センサ79bのB5を操作する。ポイントロックモードでない時は、図13（c）のS5の状態から点線で示す部分に手術器械72が移動するが、ポイントロックモードの時は、ポイントロック拘束条件を満たすために、姿勢をS6に移動させる。

【0073】以上脳外分野で使用される手術器械72をスレーブマニピュレータ71に取り付けた時の、スレーブマニピュレータ71の操作方法を説明したが、脳外分野で使用する場合、ポイントロック位置というのは、患者頭部d内にある。



13

【0074】したがって、第1の実施例で示したように、ポイントロック位置を通過するというは実際には無いが、もし、ポイントロック位置と手術器械72の先端部の位置が一致した場合、第1の実施例で示したように、特異点が生じるようになるため、本実施例でも制御装置21側で第1の実施例で示した不感帯の処理を行い、姿勢を決定できなくなった場合、不感帯に入る直前の姿勢に決定する処理を制御装置21側で行わせている。

【0075】前述した一連の作業を図14に示す。図14により、術者はダイレクトムーブの操作を行う。操作後は、力覚センサによって、ダイレクトムーブの先端における位置および回転を動作指令として制御装置に入力される。ダイレクトムーブの位置および回転情報が入力されると、ダイレクトムーブより求めた位置・姿勢情報をスレーブマニピュレータの手術器械の位置または姿勢に座標変換する。

【0076】座標変換された後、手術器械の操作対象部位の位置が、処置または観察対象とする部位の位置に対して近傍にあるか否かを判断し、対象部位近傍にある場合には、挿入部の長軸の傾きの値として、手術器械の操作対象部位の位置が、処置または観察を対象とする部位の位置に対して近傍の距離に入る直前の値を用い、さらに、挿入部の長軸まわりの回転が、スレーブマニピュレータの回転の指令に一致するように動作させる。

【0077】もし、手術器械の操作対象部の位置がマスタースレーブマニピュレータにより決定された指令位置に一致するように、挿入部の長軸まわりの回転がスレーブマニピュレータの回転の指令に一致するように動作させる。

【0078】したがって、力覚センサの操作により決定される位置および姿勢が、スレーブマニピュレータの手術器械の挿入部が、観察および処置を行う対象部位に対し、挿入部を真っ直ぐ挿入する拘束条件を満たさない場合においても、この拘束条件を満たすよう動作させることができる。

【0079】また、術者は、力覚センサの操作を行うと、これに追従してスレーブマニピュレータが動作し、体腔内に挿入された手術器械をスムーズに操作することができる。

【0080】また、術者は、また術者の頭部にHMDおよび3次元位置センサを設けているので、術者が頭部を動かすと、3次元位置センサの動きに追従して、3次元スコープの湾曲部が動作するため、術者はHMDに表示された画像を観察しながら手術器械で処置ができる。したがって、体腔内に居るような臨場感の中で処置が可能となるため開腹術の感覚で内視鏡下手術が可能となる。

【0081】図15は第5の実施例を示し、第1の実施例と同一構成部分は同一番号を付して説明を省略する。

本実施例は、手術器械を体腔内に挿入し、体内の観察お

(8)

特開平8-117238

14

よびまたは処置を行う手術用マニピュレータにおいて、マスターマニピュレータを操作することにより、スレーブマニピュレータを動作させる場合に、スレーブマニピュレータの手術器械の挿入部を、挿入孔に対して無理な力が働かないように、挿入するために手術器械を動作させるように構成したものである。

【0082】第4の実施例で示したように、体腔内、例えば患者頭部dの脳内への位置決めを行う際に、ポイントロックを行って挿入していくが、この際に手術器械としての処置具81の先端TCPの姿勢がポイントロック軸上と同じでない挿入できない。この事を解決するために、本実施例では、処置具81の先端TCPの姿勢変換について示す。

【0083】図15(a)は現在の処置具81の先端TCPと患者頭部dとの位置関係を示す。このまま、処置具81を患者頭部dに挿入しようすると、図15(b)のように患者頭部dに接触して危険である。

【0084】そこで、患者頭部d内の所望の位置と処置具Z軸とが同一になるように姿勢変換させる。制御装置21側での処理としては、所望位置と現在の処置具81の先端TCPの位置とを結ぶ線分Rを引く。次に、線分Rの空間上の姿勢を求め、現在位置での処置具81の先端TCPの姿勢を求める。

【0085】前記処理が終わったら、処置具81の先端TCPの位置をそのまま保持しながら線分Rの姿勢と処置具81との姿勢が同一になるようにスレーブマニピュレータ71を動作させる。具体的には、制御装置21側で処置具81の姿勢の値と線分Rの姿勢の値との差がゼロになるように動作させる。これによって、図15(c)に示すように、処置具81の挿入のための姿勢変換がなされ、姿勢変換後ポイントロックを行いながら処置具81を患者頭部dに挿入していく。

【0086】したがって、スレーブマニピュレータ71に設けた処置具81の長軸が頭部dの挿入孔に向かっていない場合においても、長軸の延長線上に挿入孔がくるように動作させることができ、ひいては処置具81の挿入が容易となる。

【0087】また、術者は、マスターマニピュレータの操作を行うと、これに追従してスレーブマニピュレータ71が動作し、体腔内に挿入された処置具81を操作することができ、また術者の頭部dにHMD77およびHMD77の回転軸のエンコーダ20が設けてあるため、術者が頭部を動かすと、エンコーダ20の動きに追従して、スレーブマニピュレータ71に固定された3次元(立体)スコープ74が術野の画像をHMD77に表示し、術者はHMD77に表示された画像を観察しながら処置具81で処置ができる。したがって、体腔内に居るような臨場感の中で処置が可能となるため開腹術の感覚で内視鏡下手術が可能となる。

【0088】図16は第6の実施例を示し、第1の実施

15

例と同一構成部分および作用については説明を省略する。図16に基づき一連の動作を説明すると、操作手段の操作を行い、操作手段より位置および姿勢情報を制御手段に入力する。操作手段より求めた位置および姿勢情報を、スレーブマニピュレータの手術器械の位置または姿勢に座標変換する。前記座標変換より求めた位置および姿勢と拘束条件とを比較し、手術器械の位置または姿勢を、操作手段の動作に一致するように動作させる。

【0089】図17は第7の実施例を示し、第1の実施例と同一構成部分および作用については説明を省略する。図17に基づき一連の動作を説明すると、ダイレクトムーブにより、スレーブマニピュレータの先端の手術器械の挿入部を挿入孔の位置に一致させることにより、挿入孔の位置が認識され、制御装置に挿入孔の位置が記憶される。次に、長軸すなわち挿入部が挿入孔に入るように挿入部の姿勢変換を行う。その後、術者は、マスターマニピュレータの操作を行い、マスターマニピュレータの先端における位置および回転を動作指令として制御装置に入力される。

【0090】マスターマニピュレータにより求めた位置・姿勢情報を、スレーブマニピュレータの手術器械の位置または姿勢に座標変換する。そこで、手術器械対象部の位置が挿入孔の近傍にあるかどうかの拘束条件との比較を行い、その結果に応じて以下の2つの動作モードが選択される。拘束条件に一致する場合は、挿入部の傾きの値として、手術器械の操作対象部の位置が、挿入孔の近傍に入る直前の値を用い、さらに、挿入部の長軸まわりの回転が、スレーブマニピュレータの回転の指令に一致するように動作させる。一方、拘束条件に一致しない場合には、挿入部の挿入位置を通り、手術器械の操作対象部の位置が、マスターマニピュレータにより決定された指令位置に一致するようにし、さらに挿入部の長軸まわりの回転が、マスターマニピュレータの回転の指令に一致するように動作させる。

【0091】以上述べた実施態様によれば、次の構成が得られる。

(付記1) 術者が操作できる領域内に設置された操作手段と、術野にアクセスするように設置され前記操作手段の操作に追従した動きを行うマニピュレータと、このマニピュレータにより保持された手術器械と、この手術器械の位置または姿勢が、術野に対し拘束されるよう前記マニピュレータを動かす制御手段とを具備したことを特徴とする手術用マニピュレータ。

(付記2) 操作手段は、マスターマニピュレータであることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記3) 操作手段は、力覚センサであることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記4) 操作手段は、位置センサであることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(ふき5) 位置センサは、3次元位置センサであること

(9)

特開平8-117238

16

を特徴とする付記4記載の手術用マニピュレータ。

(付記6) 手術器械は、内視鏡であることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記7) 内視鏡は、3次元(立体)スコープであることを特徴とする付記6記載の手術用マニピュレータ。

(付記8) 手術器械は、湾曲付き内視鏡であることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記9) 手術器械は、処置具であることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記10) 手術器械は、湾曲付き処置具であることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記11) 手術器械は、内視鏡と処置具が一体となっていることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記12) 拘束条件は、手術器械の体腔内への挿入孔位置であることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記13) 拘束条件は、処置または観察を対象とする部位の位置であることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記14) 操作手段は、拘束条件が満たない位置および姿勢にある状態から拘束条件を満たす位置および姿勢になるようにスレーブマニピュレータを動作させることを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記15) 操作手段の拘束条件は、挿入部が挿入孔位置を通り、手術器械の操作対象部の位置が、操作手段により決定された指令位置となり、さらに、挿入部の長軸まわり回転が、操作手段の回転の指令に一致するようにしたことを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記16) 操作手段の拘束条件は、挿入部が挿入孔位置を通り、手術器械の操作対象部の位置が操作手段により決定された指令位置となり、さらに、挿入部の長軸まわりの回転が操作手段の回転の指令に一致するように制御した場合において、手術器械の操作対象部の位置が、挿入孔位置に対して所定の距離に入るときに、長軸の傾きがその前の値を取るようになる制御することを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記17) 操作手段の拘束条件は、手術器械の操作対象部の位置が、操作手段により決定された指令位置となり、挿入部の長軸が、処置または観察を対象とする部位を通り、さらに、挿入部の長軸まわりの回転が、操作手段の回転の指令に一致するようにしたことを特徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

(付記18) 操作手段の拘束条件は、手術器械の操作対象部の位置が、操作手段により決定された指令位置となり、挿入部の長軸が、処置または観察を対象とする部位を通り、さらに、挿入部の長軸まわりの回転が、操作手段の回転の指令に一致するように制御した場合におい

17

て、手術器械の操作対象部の位置が、処置または観察を  
対象とする部位の位置に対して所定の距離に入るとき  
に、長軸の傾きがその前の値を取るようになることを特  
徴とする付記1記載の手術用マニピュレータ。

（付記19）術者が操作できる領域内に設置された操作  
手段により操作するステップと、術野にアクセスするよ  
うに設置された前記操作手段の操作に追従してスレーブ  
マニピュレータを動作させるステップと、スレーブマニ  
ピュレータにより保持された手術器械の位置または姿勢  
を、術野に対し拘束されるよう動作させるステップとを  
有することを特徴とする手術用スレーブマニピュレー  
タ。

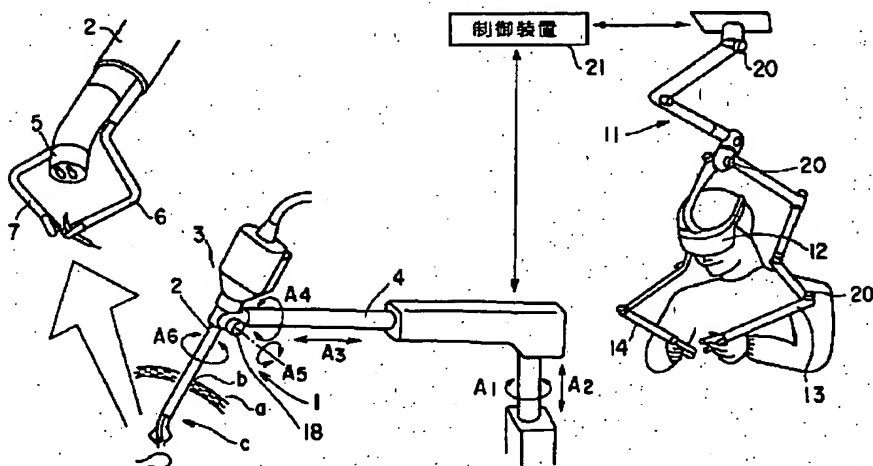
【0092】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれ  
ば、スレーブマニピュレータにより保持された手術器械  
の挿入部を体腔内に挿入し、体腔内で観察および処置を  
行う際に、手術器械の挿入部が挿入孔に対して無理な力  
を与えることなく挿入でき、観察および処置を行う作業  
の容易化を図ることができる。さらに、スレーブマニ  
ピュレータにより保持された手術器械の挿入部を、体腔内  
に挿入し、体腔内で観察および処置を行う際に、手術器  
械の挿入部が観察および処置を行う対象部位に対し、真  
っ直ぐ向け、さらに、真っ直ぐ挿入することもできる  
という効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例を示す手術用マニピ  
ュレータの全体の構成図。

【図1】



18

特開平8-117238

【図2】同実施例の手術用マニピュレータの制御装置の  
ブロック図。

【図3】同実施例の手術用マニピュレータの概略的構成  
図。

【図4】同実施例の作用説明図。

【図5】同実施例のスレーブマニピュレータの側面図

【図6】同実施例の作用を示すフローチャート図。

【図7】この発明の第2の実施例を示す手術用マニピ  
ュレータの斜視図。

10 【図8】同実施例の作用説明図。

【図9】同実施例の作用を示すフローチャート図。

【図10】この発明の第3の実施例を示す手術用マニ  
ピュレータの斜視図。

【図11】同実施例の作用説明図。

【図12】この発明の第4の実施例を示す手術用マニ  
ピュレータの斜視図。

【図13】同実施例の作用説明図。

【図14】同実施例の作用を示すフローチャート図。

20 【図15】この発明の第5の実施例を示す手術用マニ  
ピュレータの作用説明図。

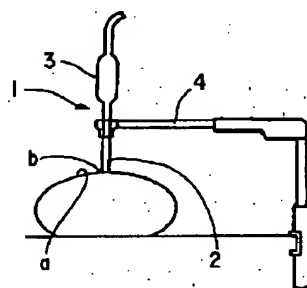
【図16】この発明の第6の実施例を示すフローチャ  
ート図。

【図17】この発明の第7の実施例を示すフローチャ  
ート図。

【符号の説明】

1…スレーブマニピュレータ、2…挿入部、3…手術器  
械、11…マスターマニピュレータ、21…制御装置。

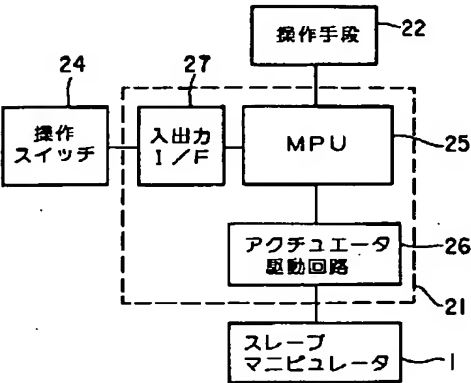
【図5】



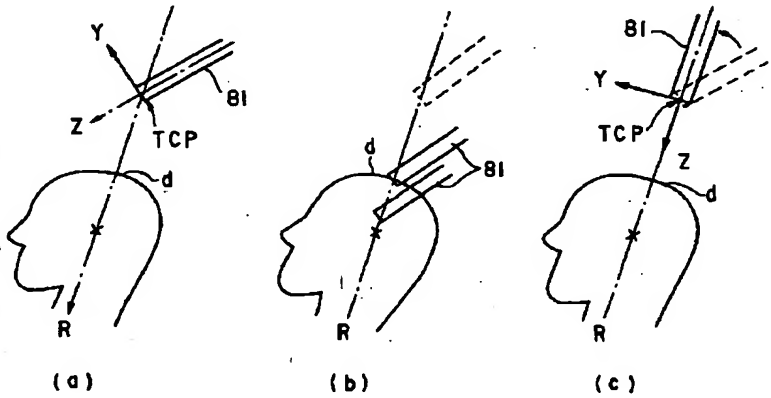
(11)

特開平8-117238

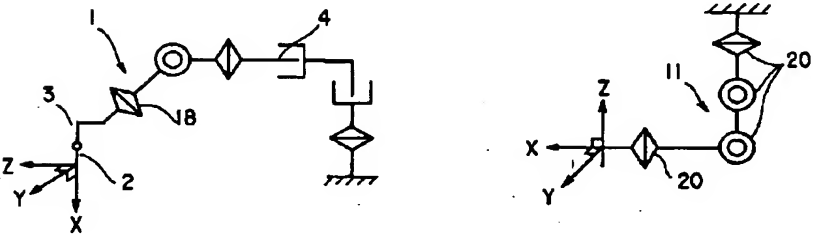
【図2】



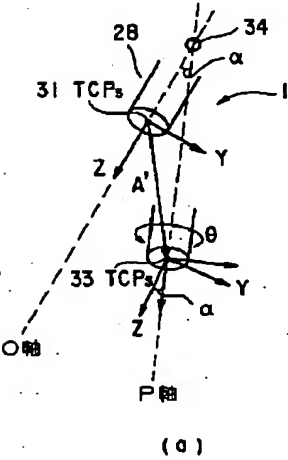
【図15】



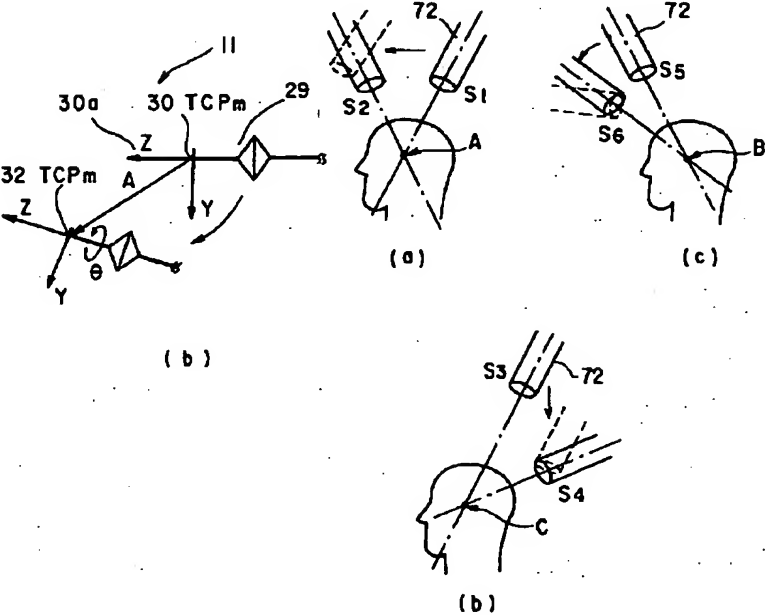
【図3】



【図4】

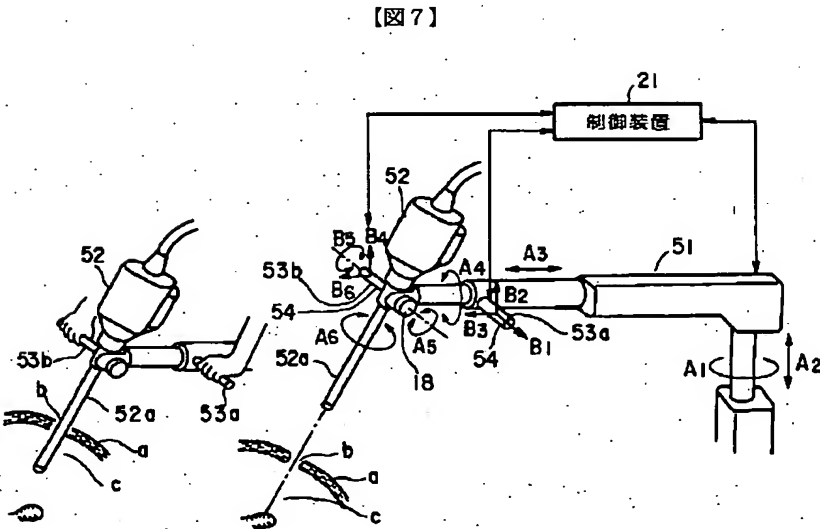
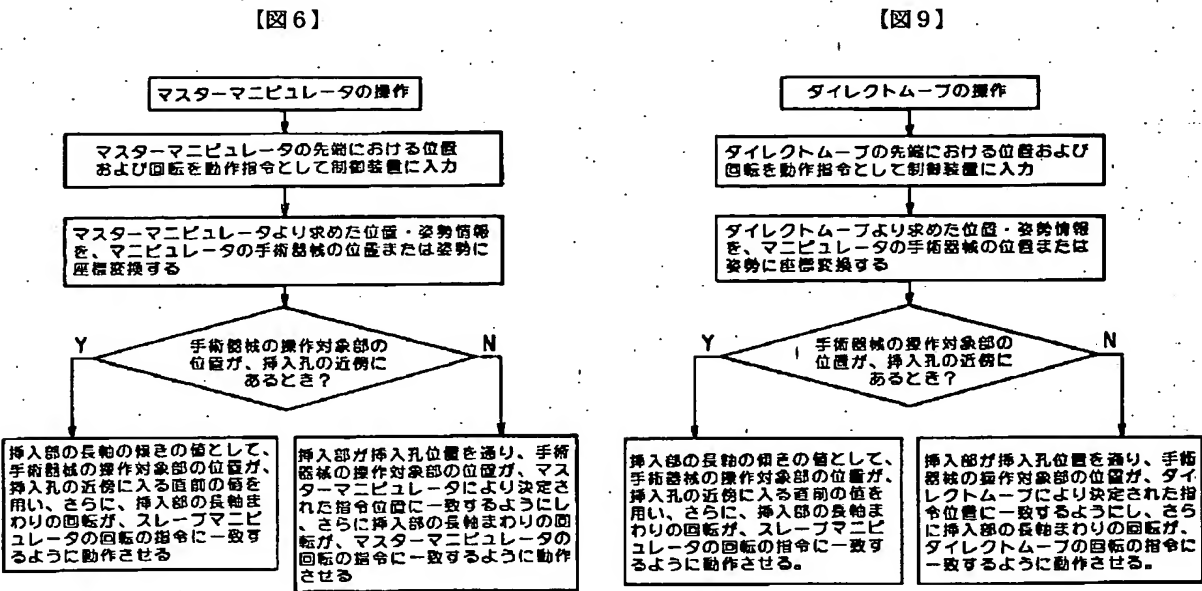


【図13】



(12)

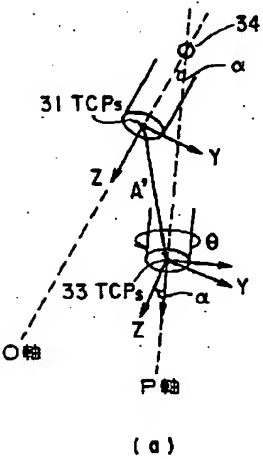
特開平 8-117238



(13)

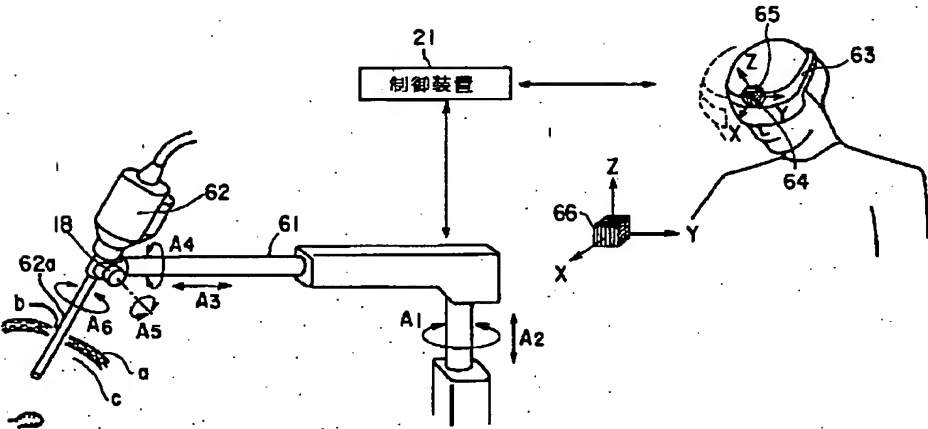
特開平8-117238

【図8】

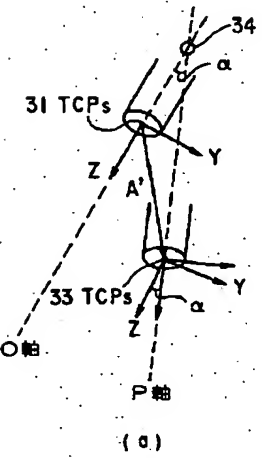


(b)

【図10】

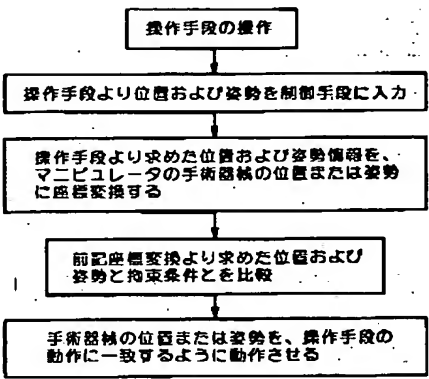


【図11】



(b)

【図16】





(14)

特開平 8-117238

